

# LA GENERACIÓN DE RESIDUOS Y SU VÍNCULO CON LOS FACTORES SOCIOECONÓMICOS EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

DANIELA MUÑOZ FARIAS<sup>1</sup> | VANINA PIETRAGALLA<sup>2</sup> | SILVINA DAL PONT<sup>2</sup>

<sup>1</sup> LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES.

<sup>2</sup> DOCENTES DE LA CÁTEDRA DE ECONOMÍA GENERAL



Los residuos sólidos urbanos constituyen un problema tanto para las grandes ciudades como para aquellos municipios más pequeños, siendo necesaria la planificación eficiente de su deposición. Para ello, se requiere conocer las características y los aspectos socioeconómicos de la población, ya que estas variables tienen injerencia en la generación de residuos. Asimismo, en cada jurisdicción y dependiendo de sus características, la incidencia de estas variables puede ser diferente. El presente trabajo tiene como objetivo identificar la incidencia de las variables socioeconómicas de la población de los partidos de la provincia de Buenos Aires, con el objetivo de identificar aquellas de mayor incidencia. El fin último es que se conviertan en instrumentos para definir las metas de una gestión sostenible que cada uno. La presentación de una perspectiva de gestión de residuos que no sólo abarque la cuestión económica y técnica en la etapa de transporte y disposición final, sino que considere las primeras etapas de la generación como un componente fundamental en dicho abordaje, se enfrentó con dos problemáticas principales: por un lado, la escasa disponibilidad de datos estadísticos, y por el otro, el sesgo técnico y/o económico de los trabajos de investigación existentes. En función a ello, se definieron las variables socioeconómicas de relevancia y con información disponible, y se construyó la ecuación que permitió, a partir de una regresión múltiple, analizar la relación entre dichas variables y la tasa de generación de residuos de los municipios de la provincia de Buenos Aires. El resultado arroja que las variables producto bruto geográfico, tasa de actividad, densidad poblacional, población urbana y necesidades básicas insatisfechas son las más relevantes en la generación de residuos. A partir de este trabajo se ha generado información de relevancia para mejorar la toma de decisiones en la gestión de residuos en cada uno de los municipios.

## Los residuos sólidos urbanos

El manejo de los residuos sólidos constituye a nivel mundial un problema para las grandes ciudades. Según la última publicación del Panorama Mundial de Gestión de Residuos del Programa de Naciones Unidas para Medio Ambiente, en conjunto con la Asociación Internacional de Residuos Sólidos, la generación de residuos sólidos urbanos oscila entre 7 y 10 billones de toneladas anuales a nivel mundial (UNEP e ISWA, 2015).

Los residuos sólidos urbanos son uno de los subproductos de nuestro estilo de vida y, como fue sugerido por Liu (2010), su generación está influenciada por las condiciones socioeconómicas, el nivel de vida, la urbanización y la población, entre otros. Es decir, existen antecedentes que otorgan relevancia a las características y fenómenos propios de los espacios locales. Factores como el crecimiento demográfico, la concentración de población en las zonas urbanas, el desarrollo ineficaz del sector industrial y/o empresarial, los cambios en patrones de consumo y las mejoras del nivel de vida, entre otros; han incrementado la generación de residuos sólidos en los pueblos y ciudades (Ojeda y Quintero, 2008; AIDI-IDRC, 2006).

Diversos estudios a nivel global muestran la influencia de distintas variables en la generación de residuos, según las características propias de cada localidad. En el caso de la República Checa, Kmet'ková (2019) muestra cómo el ingreso per cápita resultó tener un alto impacto en la tasa de generación de residuos, como se presenta en la mayoría de los trabajos sobre el tema, mientras que la densidad poblacional resultó estar asociada negativamente con la tasa de generación de residuos, lo cual contrasta con los hallazgos de Johnstone y Labonne (2004) (esto queda colgado, se puede poner una nota al pie). La explicación de la investigadora es que, en República Checa, sobre todo en las grandes ciudades, el espacio libre limpio es muy apreciado por lo que la presión para la protección del medio ambiente es más fuerte que en las afueras de la ciudad.

Por otro lado, en Thủ Dầu Một- Vietnam, el investigador Tranga (2016) examinó la relación de cuatro indicadores socioeconómicos: tamaño del hogar, nivel de ingresos, nivel de educación y preocupación por el

medio ambiente con la generación de residuos de los hogares, donde el nivel de ingreso mostró una relación negativa con la generación de residuos. La explicación de este fenómeno se basa en que la ciudad de Thủ Dầu Một desde 1997 viene creciendo económicamente, sobre todo en lo que es la industria de bebidas y alimentos. Esto ha provocado que las familias de mejor posición económica aumenten la frecuencia con la que salen a comer en restaurantes, lo que significa que se cocina menos en las casas y por lo tanto se genera menos residuos.

En Podlaskie- Polonia, Talalaj (2015) estudió la correlación entre el rango etario, estado civil, ratio mujer/hombre, número de hombres y mujeres, con la tasa de generación de residuos de varios municipios. En su estudio encontró que la densidad poblacional no tenía un impacto significativo, pero sí la ratio mujer/hombre y que, dentro de la población femenina, el rango entre 14-60 años y solteras son las que más generan residuos. Su argumentación se basó en la teoría de que la mujer juega un papel importante en el mercado de consumo, un ejemplo de ello es la adquisición más frecuente de productos a través servicio de compra por catálogo o entrega a domicilio. Entonces, cuanto mayor sea la proporción de mujeres a hombres, se puede esperar una mayor tasa de generación de desechos.

En el caso de América Latina y el Caribe, la región es responsable de aproximadamente el 10 por ciento de los residuos generados a nivel global, de los cuales alrededor de una tercera parte (unas 145.000 toneladas al día), acaban en basurales a cielo abierto, ocasionando graves impactos sobre la salud y el medio ambiente. Por otro lado, se estima que tan sólo se está recuperando un 10% de los residuos generados, de manera que se desperdicia una gran cantidad de valiosos recursos materiales y energéticos (ONU, 2018).

En Argentina, el ciclo de los residuos ha consistido en su disposición en la vía pública, con su recolección y traslado a los correspondientes sitios de disposición final, generalmente basurales o rellenos sanitarios. Esta modalidad ha demostrado ser limitada y poco efectiva, porque traslada la problemática de los residuos al siguiente eslabón de la cadena, y no permite aprovechar las potencialidades de la recuperación y el reciclaje (CIPPEC, 2015). Por ese motivo, se inició la transición hacia un sistema de

manejo, denominado Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU), basado en una metodología probada exitosamente en los países desarrollados y que consiste en una conjunción multidisciplinaria de diversas ciencias y tecnologías, que se plasma en distintos componentes operativos<sup>1</sup>, interrelacionados entre sí de manera lógica y funcional (SAyDS, 2005).

Este modelo GIRSU se formaliza en Argentina a fines del año 2004, a partir de la promulgación de la Ley Nacional N° 25.916 de “presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios”. Entre los objetivos de esta Ley se puede mencionar el logro de un adecuado y racional manejo de los residuos domiciliarios mediante su gestión integral, a fin de proteger el ambiente y la calidad de vida de la población, cómo también la promoción de la valorización de los residuos domiciliarios, mediante la implementación de métodos y procesos adecuados, la minimización de los impactos negativos que los residuos domiciliarios sobre el ambiente y de los residuos con destino a disposición final.

En este sentido, en el 2006 la provincia de Buenos Aires aprueba la Ley 13.592 de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos. Se trata de una normativa complementaria de la Ley N° 25.916, estableciendo como objetivo primordial fijar los procedimientos de gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU). Esta Ley provincial establece que los municipios deben elaborar planes de gestión integral de residuos sólidos que apunten a “*incorporar paulatinamente en la disposición inicial la separación en origen, la valorización, la reutilización y el reciclaje en*

*la gestión integral, estableciendo, entre otros, metas progresivas de reducción en la disposición final de los RSU*”.

La necesidad de generar modelos de predicción de residuos ha estimulado estudios tendientes a identificar aquellos factores que presenten una estrecha relación con los residuos que sean de fácil acceso y actualizados frecuentemente. Este es el objetivo que persigue el presente trabajo y que puede contribuir a un efectivo cumplimiento de la ley de presupuestos mínimos.

### Caracterización del área de estudio

El área de estudio de la presente investigación se limita a la provincia de Buenos Aires, se ubica en la región pampeana; limita al Norte con las provincias de Santa Fe, Entre Ríos y Córdoba, al Este, con las aguas del Mar Argentino y el Río de La Plata; al Sur con la provincia de Río Negro y el Mar Argentino, y al Oeste, con las provincias de Río Negro, La Pampa y Córdoba. Posee una superficie total de 307.571 kilómetros cuadrados (el 8,2% del total nacional) y se encuentra dividida territorial y administrativamente en 135 municipios denominados constitucionalmente partidos<sup>2</sup>.

La Provincia de Buenos Aires es responsable del 45% de residuos que genera el país (Sbergamo, 2018) y alberga a aproximadamente al 38,9% de la población total del país. Además, presenta una importante disparidad en lo relativo a la distribución poblacional: uno de los 135 partidos (La Matanza) en los que se divide la provincia agrupa a más de un 11% del total de habitantes, y los quince partidos más populosos<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Componentes Operativos considerados en la GIRSU: Generación, Higiene Urbana, Recolección, Transferencia, Transporte, Tratamiento y Disposición Final

<sup>2</sup> Adolfo Alsina, Adolfo Gonzales Chávez, Alberti, Almirante Brown, Arrecifes, Avellaneda, Ayacucho, Azul, Bahía Blanca, Balcarce, Baradero, Benito Juárez, Berazategui, Berisso, Bolívar, Bragado, Brandsen, Campana, Cañuelas, Capitán Sarmiento, Carlos Casares, Carlos Tejedor, Carmen de Areco, Castelli, Chacabuco, Chascomús, Chivilcoy, Colón, Coronel Dorrego, Coronel de Marina Leonardo Rosales, Coronel Pringles, Coronel Suárez, Daireaux, Dolores, Ensenada, Escobar, Esteban Echeverría, Exaltación de la Cruz, Ezeiza, Florencio Varela, Florentino Ameghino, General Alvarado, General Alvear, General Arenales, General Belgrano, General Guido, General Juan Madariaga, General La Madrid, General Las Heras, General Lavalle, General Paz, General Pinto, General Pueyrredón, General Rodríguez, General San Martín, General Viamonte, General Villegas, Guaminí, Hipólito Yrigoyen,

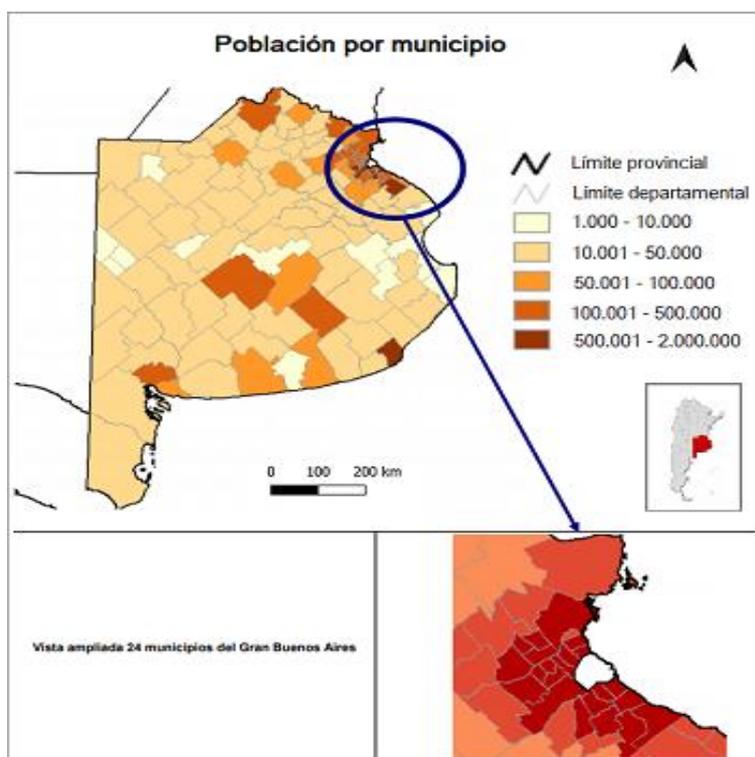
Hurlingham, Ituzaingó, José C. Paz, Junín, La Costa, La Matanza, La Plata, Lanús, Laprida, Las Flores, Leandro N. Alem, Lezama, Lincoln, Lobería, Lobos, Lomas de Zamora, Luján, Magdalena, Maipú, Malvinas Argentinas, Mar Chiquita, Marcos Paz, Mercedes, Merlo, Monte, Monte Hermoso, Moreno, Morón, Navarro, Necochea, Nueve de Julio, Olavarría, Patagones, Pehuajó, Pellegrini, Pergamino, Pila, Pilar, Pinamar, Presidente Perón, Puán, Punta Indio, Quilmes, Ramallo, Rauch, Rivadavia, Rojas, Roque Pérez, Saavedra, Saladillo, Salliqueló, Salto, San Andrés de Giles, San Antonio de Areco, San Cayetano, San Fernando, San Isidro, San Miguel, San Nicolás, San Pedro, San Vicente, Suipacha, Tandil, Tapalqué, Tigre, Tordillo, Tornquist, Trenque Lauquen, Tres Arroyos, Tres de Febrero, Tres Lomas, Veinticinco de Mayo, Vicente López, Villa Gesell, Villarino, Zárate.

<sup>3</sup> Los quince partidos más populosos son: La Matanza, General Pueyrredon, Lomas de Zamora, Quilmes, Almirante

contienen al 54,2% de la población (Cámara Argentina de Comercio, 2015) (Figura N° 1) De este modo, dentro de la provincia de

Buenos Aires se repite el patrón de la gran disparidad en la distribución poblacional registrado a nivel nacional.

**Figura N°1.** Población por municipio de la provincia de Buenos Aires.



Fuente: Elaboración propia en base a CNPHyV 2010

Entre los datos analizados del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas (CNPHyV, 2010), la **tasa de analfabetismo** indica que en la provincia de Buenos Aires es del 1,4% (la cuarta más baja del país) para la población mayor de 10 años (13.044.694 personas), siendo un total de 179.008 personas las que no saben leer ni escribir (88.705 varones y 90.303 mujeres). La disminución de la tasa de analfabetismo, respecto al CNPHyV 2001, fue ligeramente mayor en los municipios del interior de Buenos Aires, respecto al Gran Buenos Aires, en donde en La Matanza, Merlo y Moreno son los municipios donde la tasa de analfabetismo presenta el mayor valor (1,99), y el porcentaje de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) más alto.

Respecto al **indicador esperanza de vida**, por su fuerte correlación con la mortalidad infantil, suele usarse como un indicador de las condiciones de salud de la población: cuanto menor es la esperanza de vida peor está una sociedad en esa dimensión. Los

países más desarrollados del mundo arrojan esperanzas de vida cercanas a los 85 años, mientras que muchos de los países menos desarrollados del África Subsahariana no alcanzan los 45 años de esperanza de vida, lo que da cuenta de la sensibilidad de este indicador a situaciones de salud disímiles. La esperanza de vida promedio para la Argentina fue de 78,8 años. Este valor es apenas superior al obtenido para Buenos Aires: 78,68 años (MSD, 2019).

En cuanto a las **necesidades básicas insatisfechas (NBI)**, indicador que permite la delimitación de grupos de pobreza estructural y representa una alternativa a la identificación de la pobreza considerada únicamente como insuficiencia de ingresos, en el período intercensal 2001-2010 registró una reducción, tanto en el conjunto de partidos que integran el Conurbano (cayó más de 5 puntos porcentuales), como en el interior (se redujo 4,1 puntos) y en conjunto, la provincia se encuentra por debajo del valor nacional.

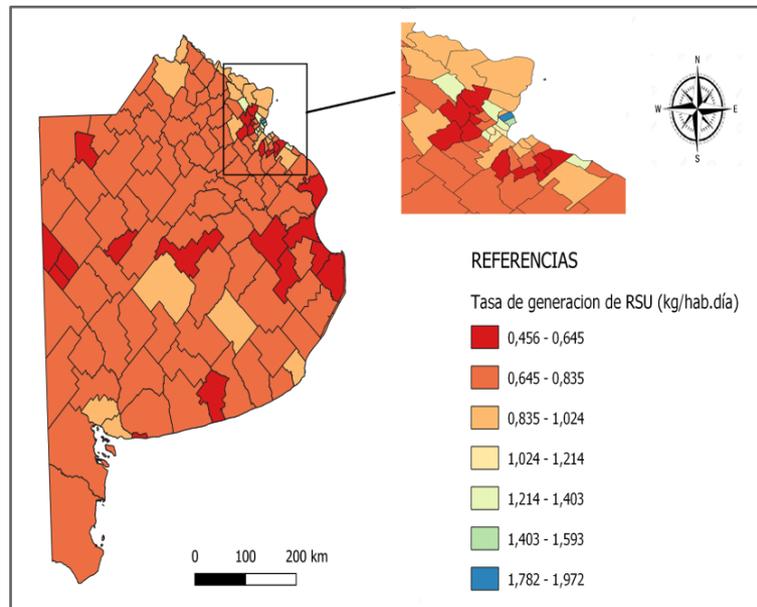
Brown, Merlo, Lanús, Moreno, Florencio Varela, General San Martín, Tigre, Avellaneda, Tres de Febrero y Berazategui

## Residuos

La provincia de Buenos Aires es la mayor generadora de residuos del país, con un total anual de 4.639.934,33 toneladas. Es importante destacar que, de ese volumen de residuos, aproximadamente 3.905.000

toneladas corresponden a la generación exclusiva de los partidos del conurbano bonaerense (Cámara Argentina de la Construcción, 2010). A continuación, se presenta un mapa en donde se plasman los valores de la tasa de generación de residuos por municipio (Figura N° 2).

**Figura N° 2.** Tasa de generación de residuos de los municipios de la provincia de Buenos Aires



*Fuente: Elaboración propia en base a los datos del Observatorio Nacional de RSU 2010.*

En lo referente a la disposición final, el 85% de la provincia dispone adecuadamente<sup>4</sup> de sus residuos, lo que la coloca en el tercer puesto en el ranking de las provincias. En los municipios del interior<sup>5</sup> la disposición final de residuos en rellenos sanitarios no es práctica habitual, existiendo sólo 12 aprobados por el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS).

más relevantes en relación a la generación de residuos y la relación entre las mismas.

Para ello, se analizó la generación de residuos, indicador relevante para dimensionar la escala que deberán tener los distintos

## Identificación de variables relevantes

En función a lo planteado este trabajo busca evaluar la relación entre los factores socioeconómicos y su impacto relativo en la tasa de generación de residuos de la Provincia de Buenos Aires, para lo cual explora las variables socioeconómicas, que se identificaron como

servicios del manejo de residuos y prever los procesos de recolección y disposición final. La unidad de expresión por excelencia es kilogramo por habitante por día (Kg/hab/día), su cuantía varía entre las distintas localidades de acuerdo a una serie de

<sup>4</sup> Se entiende como adecuado al sistema de rellenos sanitarios, por ser la técnica de ingeniería más recomendada para confinar los RSU, evitar la contaminación y proteger la salud de la población.

<sup>5</sup> Los municipios del interior son: Adolfo Alsina, Adolfo Gonzales Chaves, Arrecifes, Ayacucho, Azul, Bahía Blanca, Balcarce, Baradero, Benito Juárez, Bolívar, Bragado, Carlos Casares, Carlos Tejedor, Carmen de Areco, Castelli Chacabuco, Chascomús, Chivilcoy, Coronel de Marina L. Rosales, Coronel Dorrego, Coronel Pringles, Coronel Suárez, Daireaux, Dolores, Exaltación de la Cruz, Florentino, Ameghino, General Alvarado, General Alvear, General Arenales, General Belgrano, General Guido, General Juan Madariaga, General La Madrid, General Lavalle, General Pinto, General Viamonte,

General Villegas, Guaminí, Hipólito Yrigoyen, Junín, La Costa, Laprida, Las Flores, Leandro N. Alem, Lincoln, Lobería, Maipú, Monte, Monte Hermoso, Navarro, Necochea, 9 de Julio, Olavarría, Patagones, Pehuajó, Pellegrini, Pergamino, Pila, Pinamar, Puán, Punta Indio, Ramallo, Rauch, Rivadavia, Rojas, Roque Pérez, Saavedra, Saladillo, Salliqueló, San Cayetano, San Nicolás, San Pedro, Suipacha, Tandil, Tapalqué, Tordillo, Tornquist, Trenque Lauquen, Tres Arroyos, Tres Lomas, 25 de mayo, Villa Gesell y Villarino. 13 Rellenos sanitarios en operación: Azul, Bahía Blanca, Balcarce, Carlos Casares, General Pueyrredón, Junín, Castelli, Laprida, Tandil, Olavarría, San Nicolás de los Arroyos y Tres Arroyos. Rellenos sanitarios en construcción: Dolores y General Alvarado.

factores que influyen en su determinación, tales como desarrollo económico, nivel de ingreso, sectores de actividad predominantes, nivel de consumo o nivel

socioeconómico, cantidad de población, grado de urbanización y densidad poblacional, entre otros. Estos se agruparán de la siguiente manera (Figura N°3)

**Figura N° 3:** Clasificación de los indicadores y su potencial relación con la generación de residuos en función de la bibliografía sobre el tema.



Fuente: *Elaboración propia.*

Para este análisis se utilizó un **modelo de regresión lineal múltiple** que permite generar un modelo lineal en el que el valor de la variable dependiente o respuesta (Y) se determina a partir de un conjunto de variables independientes llamadas predictores (X1, X2, X3...). Los modelos de regresión múltiple pueden emplearse para predecir el valor de la variable dependiente o para evaluar la influencia que tienen los predictores sobre ella.

Los modelos lineales múltiples siguen la siguiente ecuación:

$$Y_i = (\beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_n X_{ni}) + e_i$$

Donde:

**$\beta_0$ :** es la ordenada en el origen, el valor de la variable dependiente Y cuando todos los predictores son cero.

**$\beta_i$ :** es el efecto promedio que tiene el incremento en una unidad de la variable predictor Xi sobre la variable dependiente Y, manteniéndose constantes el resto de variables. Se conocen como coeficientes parciales de regresión.

**$e_i$ :** es el residuo o error, la diferencia entre el valor observado y el estimado por el modelo.

Este método ha sido ampliamente utilizado para explicar la generación de RSU debido a su teoría madura y algoritmos simples para pronosticar la generación diaria o anual (Lebersorger y Beigl, 2011; Ojeda-

Benítez et al., 2008); así como también a nivel domiciliario, municipal y regional (Afon y Okewole, 2007). Para ello, se consideraron 11 variables socioeconómicas con el fin de evaluar su relación con la tasa de generación de residuos de 133 municipios de la Provincia de Buenos Aires (Figura N° 4). Quedaron excluidos del análisis los partidos de Lezama, dado que a la fecha en que se dispuso la cartografía para el CNPhyV 2010 no se contó con la delimitación geográfica del partido de Lezama y la información correspondiente al mismo se encuentra incluida dentro del partido de Chascomús; y Coronel de Marina Leonardo Rosales, debido a que sus datos no aparecen dentro de la página del Sistema de información Municipal Consolidado de la Provincia de Buenos Aires, de la cual fue obtenida la una parte de la base de datos.

Se tuvo en consideración abarcar diferentes dimensiones socioeconómicas tales como condiciones de vida (necesidades básicas insatisfechas, nivel de educación, mortalidad infantil), demografía (densidad poblacional, población urbana), y economía (consumo energético, ingreso tributario, producto bruto geográfico, tasa de actividad). Estas variables no sólo cuentan con antecedentes de haber sido utilizadas en investigaciones relacionadas con la generación de residuos (Beigl (2004); Beigl (2008), Daskalopoulos et al. (1998); Orccosupa (2002)) sino que son indicadores muy usados en Argentina para la caracterización socioeconómica y

que por lo tanto se cuenta con información de fuentes oficiales.

**Figura N° 4.** Definición y fuente de los indicadores socioeconómicos

Nombre	Definición	Unidad	Fuente
<b>Variables independientes</b>			
Necesidades básicas insatisfechas (nbi)	Método directo para identificar las carencias críticas en una población y caracterizar la pobreza.	%	INDEC
Consumo eléctrico (ce)	Cantidad de energía facturada al municipio	MWh	INDEC
Mortalidad Infantil (mortinf)	Número de defunciones de niños menores de un año por cada 1000 nacidos vivos en un determinado año	%	INDEC
Densidad poblacional (denpob)	Número promedio de habitantes del municipio con relación a la superficie del territorio	Habitante/km <sup>2</sup>	INDEC
Población urbana (poburb)	Cantidad de personas censadas en localidades de 2000 y más habitantes sobre el total de población por cien de un área respectiva	%	INDEC
Tasa de actividad (tact)	Porcentaje entre la población económicamente activa y la población de 14 años y más. Tiene la utilidad de proveer información sobre el peso relativo de la oferta de trabajo, entendiendo a esta como la suma de los ocupados más los desocupados	%	INDEC
Producto bruto geográfico (pbg)	Es un indicador sintético del esfuerzo productivo realizado en el territorio	Pesos per cápita	Proyecto PICT 799/2007
Ingreso tributario (ing)	Ingresos que percibe el municipio como resultado de la recaudación de las imposiciones fiscales	Pesos per cápita	Ministerio de Economía de la Provincia de Buenos Aires
Nivel de educación	Primaria(pri): Porcentaje de la población con primaria completa Secundario(sec): Porcentaje de la población con la secundaria completa Superior(sup): Porcentaje de la población con título terciario, universitario o posgrado	%	INDEC
<b>Variable dependiente</b>			
Generación de residuos sólidos urbanos (rsu)	Cantidad de residuos que genera una persona por día	Kg/hab/día	Observatorio Nacional para la Gestión de Residuos Sólidos

Fuente: *Elaboración propia.*

La metodología se desarrolló en etapas. La primera etapa consistió en una descripción estadística de la variable dependiente y una evaluación con fin de verificar la existencia de datos atípicos (outliers) que pudieran comprometer el estudio. Siguiendo el

mismo criterio que Vieira (2007), se utilizó la fórmula: promedio  $\pm$  3 desvíos estándar para clasificar a los datos que tengan un valor por fuera de ese rango como outlier. Luego, en la etapa siguiente, se corrió primero un modelo con todos los regresores, para luego, en función de la significatividad



estadística de los parámetros, sentido teórico y con la restricción de que mínimo un parámetro de cada dimensión debe estar incluido, se definieron distintos modelos.

Para la elección del mejor conjunto de regresores se tuvo en cuenta el valor del  $R^2$  ajustado y que los parámetros fueran todos estadísticamente significativos. Posteriormente se evaluó las existencias de multicolinealidad entre las variables. Su importancia radica en que a medida que aumenta el grado de multicolinealidad, las estimaciones del modelo de regresión de los coeficientes se vuelven inestables y los errores estándar de los coeficientes pueden aumentar enormemente.

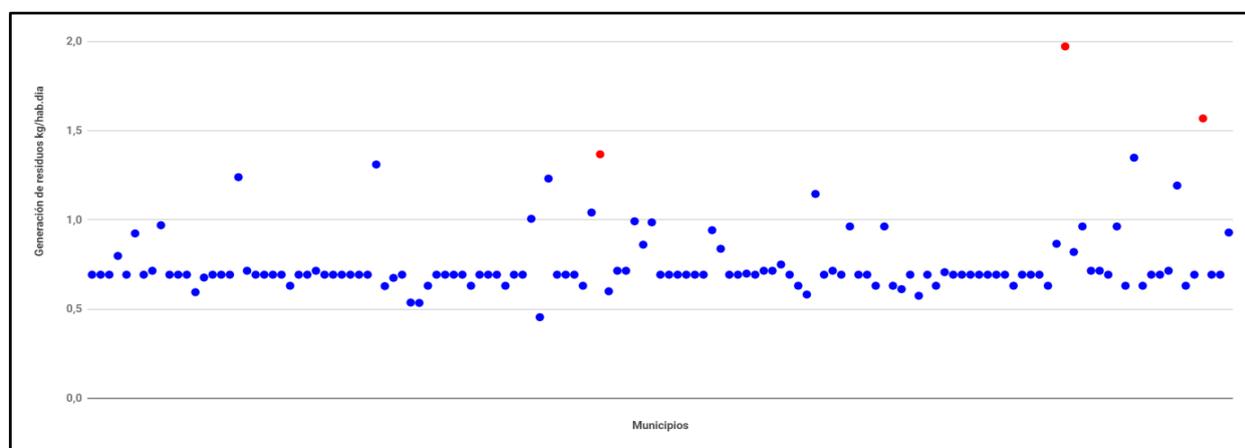
Para detectar la presencia de multicolinealidad entre las variables se utilizó el factor de inflación de la varianza (VIF) por ser considerada una manera más sencilla y directa de diagnosticar la multicolinealidad (Mendeville, 2008). En función a ello, se concluye que, si las variables explicativas no son

redundantes, entonces el VIF es igual a 1, valores mayores que 4 sugieren multicolinealidad, y mayores a 10 indican la existencia de multicolinealidad grave (Mendeville, 2008). Finalmente, el análisis concluye con la descripción de la relación de las variables resultantes y la tasa de generación de residuos.

## Resultados

En primer lugar, se realizó una clasificación de municipios en función de su nivel de generación de residuos. En este proceso, se encontraron que 3 municipios cumplían con la condición de outliers: Ituzaingó, San Isidro y Vicente López (Figura N°5). No obstante, debido a que la exclusión de los municipios haría perder sentido a la investigación, se optó realizar una regresión robusta de manera tal de reducir la influencia de los outliers sobre la estimación de los parámetros

**Figura N°5.** Gráfico de dispersión de la variable dependiente. Tasa de generación de residuos.



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°1.** Descripción estadística de la generación de residuos

Variable	Observaciones	Promedio	Desvío Estándar	Mín	Máx
Generación de residuos (rsu)	133	0,7577	0,2027	0,456	1,972

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N° 5, en rojo, se puede observar a los municipios que serían considerados outliers, en función a ello se puede

clasificar a los municipios en tres categorías: bajo (0,4-0,7), medio (0,71-0,99) y alto (1-2) en función de su tasa de generación de residuos (Tabla N°1, Figura N°6).

**Figura N°6.** Categorización de la tasa de generación de residuos de la provincia de Buenos Aires.

Bajo				Medio		Alto
Adolfo Alsina	Bragado	Cnel. Pringles	Gral. Alvear	Almirante Brown	San Vicente	Campana
Adolfo Gonzales Chaves	Brandsen	Cnel. Suárez	Gral. Arenales	Avellaneda	Tandil	Ensenada
Alberti	Capitán Sarmiento	Daireaux	Gral. Belgrano	Azul	Tres Arroyos	Gral. Pueyrredón
Arrecifes	Carlos Casares	Dolores	Gral. Guido	Bahía Blanca	Zárate	Gral. San Martín
Ayacucho	Carlos Tejedor	Escobar	Gral. Juan Madariaga	Cañuelas		Hurlingham
Balcarce	Carmen De Areco	Esteban Echeverría	Gral. La Madrid	Chivilcoy		Ituzaingó
Baradero	Castelli	Exaltación De La Cruz	Gral. Las Heras	Junín		Morón
Benito Juárez	Chacabuco	Ezeiza	Gral. Lavalle	La Costa		San Isidro
Berazategui	Chascomús	Florencio Varela	Gral. Paz	La Matanza		Tigre
Berisso	Colón	Florentino Ameghino	Gral. Pinto	La Plata		Tres De Febrero
Bolívar	Cnel. Dorrego	Gral. Alvarado	Gral. Rodríguez	Lanús		Vicente López
Gral. Viamonte	Magdalena	Pellegrini	Roque Pérez	Lomas De Zamora		
Gral. Villegas	Maipú	Pila	Saavedra	Luján		
Guaminí	Malvinas Argentinas	Pilar	Saladillo	Marcos Paz		
Hipólito Yrigoyen	Mar Chiquita	Pinamar	Salliqueló	Mercedes		
José C. Paz	Monte	Pte. Perón	Salto	Merlo		
Laprida	Monte Hermoso	Puan	San Andrés De Giles	Necochea		
Las Flores	Moreno	Punta Indio	San Antonio De Areco	Olavarría		
Leandro N. Alem	Navarro	Ramallo	San Cayetano	Pergamino		
Lincoln	Nueve De Julio	Rauch	Suipacha	Quilmes		
Lobería	Patagones	Rivadavia	Tapalqué	San Fernando		
Lobos	Pehuajó	Rojas	Tordillo	San Miguel		
Tornquist	Trenque Lauquen	Tres Lomas	Veinticinco De Mayo	San Nicolás		
Villa Gesell	Villarino			San Pedro		

Fuente: *Elaboración propia.*

En cuanto a los modelos analizados, la tabla N°2 presenta el resumen de los resultados de las regresiones de la generación de residuos sobre varios grupos de regresores. Cada una de las columnas presenta una regresión por separado. Cada regresión tiene la misma variable dependiente, generación de residuos. Las entradas en las cinco primeras filas son los coeficientes de regresión estimados, con sus errores estándar debajo

de ellos entre paréntesis. Los asteriscos indican si los estadísticos t, que contrastan la hipótesis de que el coeficiente correspondiente es igual a cero, es significativo al nivel de 5%. Las tres últimas filas contienen los estadísticos de resumen para la regresión (el error estándar de la regresión (ESR) y el R<sup>2</sup> ajustado) y el tamaño de la muestra (que es el mismo para todas las regresiones, 133 observaciones).

Tabla N°2. Resultados de las regresiones

Variable dependiente: Generación de residuos (RSU) Modelos					
Regresor	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<b>ce</b>	0.0069341 (0.0048742)	0.0073591 (0.0053291)			
<b>pbg</b>	0.0252691 (0.0278665)			0.0724006 (0.0172961)*	0.070088 (0.0004671)*
<b>ing</b>	7.5e-07 (0.0000269)		0.0000313 (0.0000302)	0.0000661 (0.0000281)*	
<b>tact</b>	0.0058083 (0.0053095)		0.0093196 (0.0101159)		0.0173503 (0.0071914)*
<b>nbi</b>	0.0011312 (0.007355)				-0.0139681 (0.0039882)*
<b>mortinf</b>	-0.0004865 (0.0017164)	0.0007176 (0.001844)		-0.0057881 (0.0039321)	
<b>pri</b>	-0.0035385 (0.0065397)		-0.0243361 (0.0048108)*		
<b>sec</b>	0.0037887 (0.0060581)				
<b>sup</b>	0.0378951 (0.0163603)*	0.042889 (0.008387)*			
<b>denpob</b>	0.0000323 (0.0000127)*	0.0000481 (7.24e-06)*		0.0000328 (8.93e-06)*	0.0000269 (0.0000134)*
<b>poburb</b>	-0.0001921 (0.0003388)		0.0008016 (0.0009948)	0.0003115 (0.0009237)	0.0010646 (0.0004571)*
<b>Intercepto</b>	0.0608284 (0.5027074)	0.3349985 (0.0760801)*	0.6869238 (0.7196079)	0.6564092 (0.1015166)*	-0.3828406 (0.04463301)
Estadísticos de resumen					
<b>ESR</b>	0.12711	0.12852	0.16808	0.15443	0.14938
<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	0.6071	0.5983	0.3130	0.4200	0.4779
<b>n</b>	133	133	133	133	133

Fuente: Elaboración propia

De los modelos presentados en la tabla N°2 el que cumple con las condiciones es el número 5 dado que es el que presenta todos

los estimadores significativos, y mínimo un parámetro de cada dimensión.

Finalmente, en forma de ecuación el modelo 5 quedaría de esta manera:

$$rsu_i = \beta_0 + \beta_1 pbg_i + \beta_2 tact_i - \beta_3 nbi_i + \beta_4 poburb_i + \beta_5 denpob_i + \mu_i$$

Donde:

$i$  = Representa cada uno de los municipios de la Provincia de Buenos Aires

$\beta_0$  = Coeficiente que explica la cantidad de residuos sólidos urbanos, en caso de que las variables independientes sean cero.

$\beta_i$  = parámetros que representa el impacto de cada variable independiente sobre la variable dependiente.

$\mu_i$  = Término error.

$rsu$  = Producción per cápita de residuos sólidos urbanos.

$pbg$ : Producto Bruto Geográfico.

$tact$  = Tasa de actividad.

$nbi$  = Necesidades Básicas Insatisfechas.

$poburb$ : Porcentaje de población urbana.

$denpob$ : Densidad poblacional

Los coeficientes se interpretan de la siguiente manera:

- un incremento de 1% en el PBG provocará un incremento de la generación de residuos sólidos per cápita un 0.70088 kg/día.
- Un aumento de 1% en la tasa de actividad del municipio repercutirá en un aumento de 0.0173503 kg/día.hab.
- Un incremento del 1% de población urbana representaría un aumento de 0.0010646 kg/día.hab
- Si la densidad poblacional aumenta en 1 hab/km<sup>2</sup>, la generación de residuos aumentó un 0.0000269 kg/día.hab
- Si el porcentaje de población con necesidades básicas insatisfechas disminuye un 1%, la tasa de generación de residuos del municipio aumenta un 0.0139681 kg/día.hab

## Conclusiones

Así como la mayor parte de la literatura existente sobre la generación de residuos resalta al número de habitantes y el nivel económico como los factores que más

influyen en la tasa de generación, los resultados de esta investigación concuerdan con dicha afirmación. El producto bruto geográfico (PBG) y la tasa de actividad resultaron ser los indicadores de mayor peso en el modelo, con 0.070088 y 0.0173503 respectivamente, seguido por la densidad poblacional y población urbana y por último necesidades básicas insatisfechas.

El porcentaje de población urbana resultó significativo tal como Wang *et al.*, 2001 encontró en su análisis. Esto implica que el contraste entre la vida de la población rural respecto a la urbana repercute sobre la generación de residuos. En cuanto al indicador NBI, si bien su peso en el modelo no fue muy alto (ocupó el último lugar), su interpretación en forma conjunta con el indicador de PBG permite evitar caer tanto en la sobreestimación como en la subestimación de la tasa de generación de residuos. Por ejemplo, La Plata presenta el valor más alto de PBG entre los municipios, junto con una gran densidad poblacional. Si solo se utilizaran los indicadores económicos y los demográficos, se podría pensar que es uno de los municipios con mayor generación de residuos, sin embargo, no es el caso, San Isidro con menor densidad poblacional y nivel de PBG produce casi el doble de residuos. Este resultado aparentemente paradójico podría atribuirse a que el porcentaje de población con NBI en San Isidro es casi la mitad de la que presenta La Plata. Esto a su vez permite intuir que la desigual distribución de la riqueza juega un rol importante a la hora de intentar explicar las diferencias en las tasas de generación de residuos dentro de una misma provincia.

En el caso de la educación, no resultó significativo en ninguno de sus niveles (primario, secundario y superior). Esto contradice la investigación de Aminrad *et al.*, (2011) la cual concluye que, a mayor nivel de educación, mayor conciencia y compromiso ambiental por parte de la población. Esta importante conclusión no se cumple en la provincia de Buenos Aires que con una tasa de alfabetización alta (98,6%), es responsable del 45% de los residuos que se generan en el país. Esta aparente contradicción podría resolverse complementando tanto la

educación formal con la educación ambiental, en aspectos tales como, la difusión de campañas de concientización para promover la participación ciudadana y la generación de datos estadísticos, como establece la Ley de Residuos Provincial N° 13592 particularmente en los artículos 3° y 4°, la cual aún se encuentra sin una aplicación plena, en la gran mayoría de los municipios.

Otro punto a destacar de esta investigación es que durante la etapa de recolección de información se encontraron varios obstáculos, por un lado la ausencia de información relacionada puntualmente con el tema de residuos, lo que equivale a decir que no se está cumpliendo con lo mencionado en los artículos 25° y 26° de la Ley N° 13.592, sobre los envíos de información estadísticas de cada municipio. Este hecho ocurre sobre

todo en el interior de la provincia, tanto de fuentes oficiales como de investigaciones, lo que dificulta cualquier plan de promover una gestión regional de residuos. No ocurre lo mismo para el área metropolitana, en donde sí se encuentra con información asociada a lo analizado.

Lo mencionado precedentemente, marca la importancia de generar mayor información a nivel municipal para la mejor gestión de los residuos y el alcance del Objetivo 11 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible que hace mención a las *Ciudades y comunidades sostenibles*, así como mejorar la construcción de un ranking de municipios para definir prioridades de intervención en pos de abordar esta problemática, la cual también puede ser vista como una oportunidad.

## Referencias Bibliográficas

- Afon,A.O., Okewole, A. (2007). Estimating the quantity of solid waste generation in Oyo, Nigeria. Sage Journals, volumen (25), 371-379.
- AIDI-IDRC. (2006). Directrices para la gestión integrada y sostenible de residuos sólidos urbanos en américa latina y el caribe. Sao Paulo: AIDIS-IDRC.
- Aminrad, Z., Zaacaria, S.Z.B.S., Hadi.A.S (2011). Influence of age and level of education on environmental awareness and attitude: Case study on Iranian Students in Malaysian Universities. The Social Science, volumen (6), p.15-19.
- Beigl, P., Lebersorger, S., Salhofer, S. (2008). Modelling municipal solid waste generation: A review. Elsevier, volumen (28), p. 200-214.
- Beigl, P., Wassermann, G., Schneider, F., Salhofer, S. (2004). Forecasting municipal solid waste generation in major European cities. International Congress: Complexity and Integrated Resources Management, Osnabrueck, Germany.
- Calderón, D. (2014). Análisis de los factores socio-económicos en la producción per-cápita de residuos sólidos domésticos de la ciudad de Lampa - 2014. (Tesis). Facultad de Ingeniería Económica - Universidad Nacional del Altiplano. Puno.
- CIPPEC. (2015). Residuos, aspectos generales: concepto, tipología y ciclo de vida. Módulo 3 del Curso de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en Municipios Argentinos, Centro de Implementación de Políticas Públicas para la Equidad y el Crecimiento.
- Daskalopoulos, E. (1998). Municipal solid waste: a prediction methodology for the generation rate and composition in the European Union countries and the United States of America. Elsevier volumen (24) ,155-166.
- Johnstone,N., Labonne,J.(2004). Generation of Household Solid Waste in OECD Countries: An Empirical Analysis Using Macroeconomic Data, Land Economics University of Wisconsin Press, volumen 80(4).
- Kmetkova, Diana (2019). Municipal Waste Management and Analysis of Influencing Factors with respect to Municipal Solid Waste Generation (tesis de grado). Charles University Praga, República Checa.

- Lebersorger, S., Beigl, P. (2011). Municipal solid waste generation in municipalities: quantifying impacts of household structure, commercial waste and domestic fuel. Elsevier, volumen (31), 1907-1915. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2011.05.016>.
- Ley Nacional N° 25.916 de Presupuestos Mínimos para la Gestión de Residuos Domiciliarios. (2004). Recuperado a partir de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/95000-99999/98327/norma.htm>
- Ley Provincial N° Ley 13.592 de Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (2006) Recuperado a partir de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do;jsessionid=6E7605EBE46DB4FC9B26EF27403B1C60?id=296006>
- Liu, C. (2010). Factors influencing municipal solid waste generation in China: A multiple statistical analysis study. SAGE Journals, volumen 29, p. 371-378.
- Mendeville (2008). ¿Por qué se deben centrar las covariables en una regresión lineal? Ciencia UANL. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. 300-305
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2016). Mapas Críticos Gestión de Residuos. Recuperado de <https://studylib.es/doc/8490568/mapa-cr%C3%ADtico-nacional-en-gesti%C3%B3n-de-residuos-urbanos>.
- Ministerio de Salud y Desarrollo Social de la Nación. (2019). Indicadores Básicos. Recuperado de <http://www.deis.msal.gov.ar/wp-content/uploads/2019/12/Indicadores-Basicos-2019.pdf>
- Ojeda, Lozano & Quintero, Whitty (2008). Generación de residuos sólidos domiciliarios por periodo estacional: el caso de una ciudad mexicana. I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Castellón.
- Ojeda, B. S., Lozano, O.G., Morelos, R.A., De Vega, C.A. (2008). Mathematical modeling to predict residential solid waste generation. Elsevier, volumen (28), S7-S13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2008.03.020>.
- ONU Medio Ambiente (2018). Perspectiva de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina para América Latina y el Caribe. Ciudad de Panamá, Panamá.
- Orccosupa R. J. (2002), Relación entre la producción per cápita de residuos sólidos domésticos y factores socioeconómicos. Provincia de Santiago de Chile, Santiago,
- SAyDS. (2005). Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU). Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Sbergamo, A. (2018) .Política ambiental y desarrollo. La gestión integral de residuos sólidos urbanos y el desarrollo local sustentable en el conurbano bonaerense. Tesis para optar por el grado de Magíster en Políticas de Desarrollo. Universidad Nacional de La Plata Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación Secretaría de Posgrado
- Secretaria de Asuntos Municipales. Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos. Recuperado de [https://www.mininterior.gov.ar/municipios/pdfs/SAM\\_03\\_residuos\\_solidos.pdf](https://www.mininterior.gov.ar/municipios/pdfs/SAM_03_residuos_solidos.pdf)
- Talalaj, I. (2015). The effect of gender and age structure on municipal waste generation in Poland. Elsevier, volumen (40), p. 3-8.
- Tranga, P., Donga, H., Toana, D., Hanha, N., Thub, N. (2016). The Effects of Socio-economic Factors on Household Solid Waste Generation and Composition: A Case Study in Thu Dau Mot, Vietnam. Elsevier, volumen (107), p. 253-258.
- UNEP, e ISWA. (2015). Global waste management outlook. United Nations Environment Programme e International Solid Waste Association.
- Vieira, V., Matheus, D. (2017) .The impact of socioeconomic factors on municipal solid waste generation in São Paulo, Brazil: Waste Management & Research, volumen 36(1), 79-85.



- Wang, H., Nie, Y. (2001) Municipal Solid Waste Characteristics and Management in China. Journal of the Air and Waste Management Association, volumen (51), 250-63.